وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الموصل
كلية الهندسة

الشحن فائق السرعة للمركبات الكهربائية المقترن بالتيار المستمر باستخدام المغير الجسري المزدوج الفعال

عمر هيثم سالم سعيد

رسالة ماجستير علوم في

الهندسة الكهربائية / الهندسة الكهربائية

بإشراف

أ.م.د ياسر محمد يونس أمين

آب 2022 م **صفر 1444 هـ**

الملخص

تعد المركبات الكهربائية إحدى البدائل الإستراتيجية لمواجهة تداعيات التغيير المناخي نحو تحقيق مستقبل مستدام. ومع زيادة مدى بطاريات المركبات الكهربائية الذي كان يحول دون انتشارها برز تحدي زمن الشحن الطويل وكيفية اختصاره فظهرت هنا الشواحن فائقة السرعة.

في هذه الرسالة تم اعتماد المغير الجسري المزدوج الفعال في تطبيق الشحن فائق السرعة للمركبات الكهربائية المقترن بالتيار المستمر. وتم دراسة وتحليل أساليب تضمين هذا المغير ضمن هذا النطاق، ومحاكاة تضمين فرق الطور (Phase-Shift modulation) وتضمين التيار شبه المنحرف (Trapezoidal-Current modulation) باستخدام برنامج MATLAB/Simulink، وخلصت نتائج المحاكاة بأن تضمين فرق الطور يحقق تبديلًا ناعمًا للمفاتيح (soft switching)، ونقل قدرةٍ أعلى، وبمدى جهد إخراج أوسع، مع انخفاض تيار RMS لمحاثة التسرب ومن ثمَّ تحقيق كفاءة أعلى للمنظومة.

وقد تم تصميم شاحن مقترح فائق السرعة للمركبات الكهربائية بإمكانية نقل القدرة باتجاهين من الشبكة الى المركبة G2V ومن المركبة الى الشبكة V2G بقدرة 1.4 MW بفولتية إدخال مستمرة 11 kV وبمدى فولتيات إخراج من 900 V الى 1500 V وهي أعلى فولتية شحن مسموح بها ضمن المعيار CHAdeMO 3.0، بالاعتماد على المغير الجسري المزدوج الفعال بهيكلية متعددة المستويات مكنت من الاستغناء عن مرحلة AC-AC في هيكلية الشواحن فائقة السرعة التقليدية ومن ثمَّ الحصول على حجم شاحن أصغر بكلفة أقل، مع إمكانية دمج منظومات تخزين القدرة ومصادر التيار المستمر للطاقات المتجددة لكل

مستوى من المغيرات. وأظهرت نتائج المحاكاة تقليص مدة الشحن التي تستغرقها حزمة بطاريات المركبات الثقيلة بسعة 540 kWh الى 18 دقيقة و40 ثانية فقط عند شحنها من 20% الى 90% من حالة الشحن SOC مع عدم تجاوز الحد الأعلى من تيار الشحن المقنن للبطارية للحفاظ على عمر أطول لها باستخدام طريقة الشحن CCCV التي يتم التحكم بها من خلال وحدتي مسيطر من نوع PI.

كما تم بناء وتقديم أنموذج عملي مصغر للمغير الجسري المزدوج الفعال بقدرة 1kW ثنائي اتجاه نقل القدرة باستخدام مفاتيح قدرة من نوع IGBT ومفاتيح SiC MOSFET وأظهرت نتائجه توافقًا مع التحليل الرياضي وأنموذج المحاكاة.

University of Mosul

College of Engineering

DC-Coupled Extreme Fast Charging for Electric Vehicles using Dual-Active Bridge Converter

A Thesis Submitted By

Omar Haitham Salim Said

Master degree in

Electrical Engineering

Supervised by

Asst. Prof. Dr. Yasir M.Y. Ameen

2022 A.D. **1444 A.H**

Abstract

Electric Vehicles (EVs) are one of the global strategies to address the repercussions of climate change toward achieving a sustainable future. As the range of EV batteries that prevented their spread increased, the challenge of long charging time and how to shorten it arose, and that's where the need for Extreme-Fast Chargers (XFC) arose.

In this thesis, a Dual Active Bridge (DAB) converter is adopted in the application of XFC of EV coupled with DC. The modulations of this converter within this range were studied and analyzed. Phase-Shift modulation and Trapezoidal-Current modulation were simulated using MATLAB/Simulink software. Simulation results concluded that phase-shift modulation achieves soft switching, higher power transmission, and a wider output voltage range, with lower RMS leakage inductance, and thus higher efficiency of the system.

A proposed XFC for EVs has been designed with the ability to bi-directionally transfer power from Grid-to-Vehicle G2V and from Vehicle-to-Grid V2G or to charge another vehicle V2V with a power of 1.4 MW, a DC input voltage of 11 kV and a range of output voltages from 900–1500 V, which is the highest charging voltage allowed within the CHAdeMO 3.0 standard. By relying on the DAB converter with a multi-level structure, it has been possible to dispense with the AC-AC stage in the conventional fast charger structure and thus have a smaller charger size

at a lower cost with the possibility of integrating power storage systems and DC sources of renewable energy for each level of the converter.

The simulation results showed that the charging time of the heavy vehicle battery pack with a capacity of 540 kWh was reduced to only 18 minutes and 40 seconds when charged from 20% to 90% of the State-of-Charge SOC without exceeding the upper limit of the rated charging current of the battery to maintain a longer life using the CCCV method of charging controlled by two PI controllers.

A laboratory model of a 1 kW bidirectional DAB converter was also built and presented using IGBT and SiC MOSFET switches. Its results showed compatibility with the mathematical analysis and simulation results.